



Revista Eletrônica do Programa de Pós-Graduação em Geografia - UFPR

CONCENTRAÇÃO DIÁRIA E MENSAL DA PRECIPITAÇÃO PLUVIAL NO NORDESTE DO BRASIL: UMA CONTRIBUIÇÃO DOS ÍNDICES CI E PCI

DAILY AND MONTHLY CONCENTRATION OF RAIN PRECIPITATION IN NORTHEAST BRAZIL: A CONTRIBUTION FROM CI AND PCI INDEXES

CONCENTRATION QUOTIDIENNE ET MENSUELLE DES PRÉCIPITATIONS DE PLUIE DANS LE NORD-EST DU BRÉSIL: UNE CONTRIBUTION DES INDICES CI ET PCI

(Recebido em 09-03-2021; Aceito em 31-05-2021)

Beatriz Siqueira

Doutora em Geografia pela Universidade Estadual de Campinas - Campinas, Brasil
beatriz.siqueira09@hotmail.com

Jonas Teixeira Nery

Doutor em Meteorologia pela Universidade de Buenos Aires
Professor na Pós-graduação em Geografia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas – Campinas, Brasil
jnery@ige.unicamp.br

Resumo

O propósito deste estudo foi analisar a precipitação pluvial diária e mensal da região Nordeste do Brasil. Para tanto foram utilizadas 83 séries pluviométricas, compreendendo o período de 1965 a 2014, distribuídas espacialmente na área de estudo. Foram utilizados dados em ponto de grade, em formato NetCDF. Dados de séries pluviométricas em escala diária e mensal foram analisados e utilizados dois índices estatísticos aplicados à Climatologia para quantificar a concentração diária e mensal da precipitação e estimar a variabilidade da precipitação na área de estudo. Ocorreu maior concentração de precipitação diária na parte central da região nordeste, indicando contribuição de precipitação extrema em vários dias para o total de precipitação acumulada durante o ano. No centro e norte da região nordeste, a concentração mensal da precipitação denotou sazonalidade na distribuição das chuvas.

Palavras-chave: Precipitação; Índices; Variabilidade; NetCDF.

Abstract

The purpose of this study was to analyze the daily and monthly rainfall in the Northeast region of Brazil. For this purpose, 83 pluviometric series were used, covering the period from 1965 to 2014, spatially distributed in the study area. Grid point data were used, in NetCDF format. Data from

pluviometric series on a daily and monthly scale were analyzed and two statistical indices applied to Climatology were used to quantify the daily and monthly concentration of precipitation and to estimate the variability of precipitation in the study area. There was a greater concentration of daily precipitation in the central part of the northeastern region, indicating the contribution of extreme precipitation over several days to the total accumulated precipitation during the year. In the center and north of the northeastern region, the monthly concentration of precipitation showed seasonality in the distribution of rainfall.

Key words: *Precipitation; Indexes; Variability; NetCDF.*

Abstrait

Le but de cette étude était d'analyser les précipitations quotidiennes et mensuelles dans la région du nord-est du Brésil. À cette fin, 83 séries pluviométriques ont été utilisées, couvrant la période de 1965 à 2014, réparties spatialement dans la zone d'étude. Des données de point de grille ont été utilisées, au format NetCDF. Les données de séries pluviométriques à l'échelle quotidienne et mensuelle ont été analysées et deux indices statistiques appliqués à la climatologie ont été utilisés pour quantifier la concentration quotidienne et mensuelle des précipitations et pour estimer la variabilité des précipitations dans la zone d'étude. Il y avait une plus grande concentration de précipitations quotidiennes dans la partie centrale de la région du nord-est, indiquant la contribution des précipitations extrêmes sur plusieurs jours aux précipitations totales accumulées au cours de l'année. Au centre et au nord de la région nord-est, la concentration mensuelle des précipitations a montré une saisonnalité dans la distribution des précipitations.

Mots clés: *Précipitations; Index; Variabilité; NetCDF.*

Introdução

Devido às chuvas irregulares e baixos valores de precipitação (abaixo de 800 mm por ano) a maior parte da região Nordeste do Brasil (NEB) enfrenta um problema crônico de falta de água, criando obstáculos ao desenvolvimento da atividade agrícola e pecuária. A ausência de sistemas eficientes de armazenamento de água (um recurso muitas vezes concentrado nas mãos de poucos) intensifica ainda mais os efeitos sociais.

Ciclos de secas severas e inundações frequentemente atingem a região em intervalos de alguns anos a décadas, ajudando a piorar ainda mais as condições de vida frágeis da população semi-árida, particularmente pequenos produtores e comunidades pobres (Girão, 2012) A variabilidade espacial e temporal das chuvas é uma característica marcante do clima do NEB, particularmente na porção semiárida, onde a irregularidade espacial e temporal das chuvas é um fator importante, senão mais do que os próprios totais sazonais de chuvas, especialmente para a agricultura de sequeiro, que depende da manutenção da umidade do solo durante a estação de cultivo.

A precipitação pode ser considerada a principal variável meteorológica presente no Nordeste do Brasil (NEB), com um regime de chuvas não uniforme possui uma variação interanual e sazonal que implica na quantidade de precipitação da região. Sendo assim, o período de chuvas modulado pelos

ventos alísios pode causar grandes prejuízos ou influenciar no crescimento ou desenvolvimento de plantações agrícolas e, conseqüentemente na economia local (MENEGHETTI e FERREIRA, 2009).

Segundo Kayano e Andreoli (2009), essa região é uma das principais da América do Sul, onde os sinais de variabilidade intra-sazonal são mais evidentes. O mais importante sistema causador de chuvas no Nordeste do Brasil é a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). A ZCIT apresenta a convergência dos ventos alísios do Hemisfério Norte e do Hemisfério Sul no Atlântico com movimento ascendente, baixas pressões, nebulosidade e chuvas intensas e de preferência seguindo regiões onde a temperatura da superfície do mar (TSM) é mais alta. Nesse sentido, o oceano Atlântico Tropical desempenha um papel fundamental na variabilidade do tempo e do clima nas regiões andinas orientais. Particularmente no Brasil, a região semiárida está entre as mais significativamente influenciadas pelas circulações atmosféricas e oceânicas do Atlântico Tropical (Namias, 1972; Hastenrath e Heller, 1977; Moura e Shukla, 1981; Mechoso et al., 1990; Hastenrath e Greischar, 1993; Rao et al., 1993; Uvo et al., 1998).

O NEB caracteriza-se naturalmente como uma região de alto potencial para evaporação da água, em função da enorme disponibilidade de energia solar e altas temperaturas. Apresenta alta variedade climática, podendo-se observar desde o clima semiárido, no interior da região, com precipitação acumulada inferior a 500 mm/ano, até o clima chuvoso, observado principalmente na costa leste, com precipitação acumulada anual superior a 1.500 mm. O litoral norte do NEB recebe entre 1.000 e 1.200 mm/ano. A área mais afetada pela falta de chuvas é o Polígono das Secas.

Sendo assim, o NEB pode ser caracterizado, segundo Marengo (2008), a partir de três regimes de chuvas distintos. No sul-sudoeste do NEB, o principal período chuvoso é de outubro a fevereiro. As chuvas são ocasionadas principalmente pela passagem de frentes frias que vêm do sul do país. Além disso, podem ser observadas chuvas em forma de pancadas isoladas, que normalmente ocorrem no final da tarde e início da noite, devido ao aquecimento durante o dia. No norte da Região Nordeste, abrangendo a maior parte do semiárido, o principal período chuvoso ocorre entre os meses de fevereiro e maio. Essa região é bastante conhecida, pois é onde ocorrem as maiores secas. O mais importante sistema causador de chuvas nesta sub-região é a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). No Leste do NEB ou Zona da Mata, o principal período chuvoso ocorre de abril a agosto e as chuvas são ocasionadas principalmente pelos contrastes entre a temperatura do mar junto à costa e a temperatura do continente. Os ventos, ao soprarem continente adentro, carregam a umidade do oceano que condensa e precipita na faixa litorânea e na região da Zona da Mata.

A região Nordeste do Brasil é a região brasileira que possui o maior número de estados: Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Piauí, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Sergipe. Em

função de suas diferentes características físicas, a região é dividida em quatro sub-regiões: Meio Norte, Sertão, Agreste e Zona da Mata, tendo níveis muito variados de desenvolvimento humano ao longo de suas zonas geográficas.

A área do Nordeste brasileiro é de aproximadamente 1,5 milhão de km², é a região que possui a maior costa litorânea. A região possui os estados com a maior e a menor costa litorânea, respectivamente Bahia, com 932 km de litoral e Piauí, com 60 km de litoral. A região toda possui 3.338 km de praias.

Está situada entre os paralelos de 07°12'35" de latitude sul e 48°20'07" de latitude sul e entre os meridianos de 34°47'30" e 48°45'24", a oeste do meridiano de Greenwich. Limita-se a norte e a leste com o oceano Atlântico, ao sul com os estados de Minas Gerais e Espírito Santo e a oeste com os estados do Pará, Tocantins e Goiás.

Uma das características do relevo nordestino é a existência de dois antigos e extensos planaltos, o Borborema e a bacia do rio Parnaíba e de algumas áreas altas e planas que formam as chamadas chapadas, como a Diamantina, onde se localiza o ponto mais elevado da região, o Pico do Barbado, com 2.033 metros de altitude, na Bahia e a do Araripe, nas divisas entre os estados do Ceará, Piauí, Pernambuco e a Paraíba. Entre essas regiões há algumas depressões, nas quais está localizado o Sertão, região de clima semiárido.

O planalto da Borborema é uma barreira topográfica para o escoamento atmosférico. Assim, sugere-se que os ventos de leste, ao encontrarem a barreira topográfica, ascendam favorecendo precipitação orográfica no lado leste da montanha e, dessa forma, os ventos de leste chegam secos no semiárido. Além disso, os ventos de leste transportam ar mais frio do oceano para o sertão do Brasil e é possível que ao penetrarem na região sejam aquecidos e a umidade relativa do ar diminua (Reboita et al. 2010). O fenômeno dificulta a formação de nuvens e, conseqüentemente, de chuva. Entretanto, acredita-se que a causa dos baixos totais pluviométricos no sertão nordestino esteja mais associado com mecanismos dinâmicos de grande escala do que com a topografia regional.

A irregularidade espacial e temporal da precipitação é uma característica já indicada, bem como, a possibilidade que se alcancem valores extremos, tanto de abundância quanto de escassez, que por suas conseqüências catastróficas e impactos sobre a sociedade são destaques nos denominados riscos ou desastres naturais. Os episódios de chuvas extraordinárias constituem um destes acontecimentos quando acarretam grandes inundações, com graves danos materiais e humanos (CUADRAT e PITA, 2006).

Com o objetivo de quantificar a precipitação diária e a heterogeneidade anual, em determinado local, Javier Martin-Vide (2004) desenvolveu um índice, denominado Índice de Concentração (IC) para

avaliar o relativo impacto de diferentes classes de precipitação diária e avaliar o maior valor no dia em que ocorreu a precipitação (SHI et al. 2014).

Em um determinado período e local, a probabilidade de pequenos montantes diários de precipitação é maior do que a de grande quantidade diária. Em outras palavras, se iniciadas com a classe mais baixa da precipitação diária, as frequências absolutas desta irão diminuir exponencialmente (MARTIN-VIDE, 2004).

A tendência para uma maior concentração de chuva ou de dias em que ela ocorreu resulta apenas em um aumento da frequência de precipitações pluviais diárias e intensas se o total anual permanecer o mesmo ou aumentar com o passar do tempo. Se existir uma tendência negativa no total de chuva anual, a frequência de chuvas diárias e intensas pode vir a diminuir, apesar de haver ainda uma tendência direcionada para uma maior concentração anual total em poucos dias (SHI et al. 2014).

Segundo Oliver (1980) o IC teve origem em 1962, na elaboração de um artigo por Gibbs e Martin (1962) com a finalidade de desenvolver um índice para medir a diversificação do emprego nas indústrias para uma posterior análise regional comparativa. Através do número de funcionários de uma determinada categoria industrial, os autores mostraram que essa diversificação industrial poderia ser medida em uma escala variando de zero a um. O valor zero significa que nenhuma diversificação foi constatada.

O Índice de Precipitação Concentrada (IPC) quantifica a precipitação mensal e a heterogeneidade da precipitação em um ano, desenvolvido por Oliver (1980) e De Luis et al. (1997). O IPC é um indicador da distribuição espacial e temporal da precipitação, tradicionalmente aplicado em escalas anuais. O aumento do valor, significa maior concentração mensal da precipitação. Além disso, o índice é uma parte de outro índice, o de Fournier (1960) especializado na análise de sistemas naturais, como, por exemplo, a erosão do solo.

Se o aumento da concentração de chuva ocorrer diariamente, a frequência de precipitação diária é que vai aumentar, sendo que o total anual permanece o mesmo ou aumenta com o passar do tempo. Entretanto, em uma situação contrária, ou seja, queda no valor anual de precipitação, significa que a frequência diária das mesmas pode estar diminuindo.

Nesse sentido, a finalidade deste trabalho é quantificar e analisar a concentração diária e mensal da precipitação na região Nordeste do Brasil através dos índices estatísticos IC e IPC, aplicados à Climatologia, e elaborar um panorama climático onde seja possível identificar os dias em que a precipitação ocorreu na região e com que frequência e intensidade, respeitando o período elencado para tal, compreendendo os anos de 1965 a 2012.

Materiais e Método

A precipitação é a variável climatológica mais importante nos trópicos. Apesar da simplicidade de sua medida, é uma das variáveis mais difíceis de serem observadas com acurácia, uma vez que apresenta erros instrumentais e falhas relacionadas com o observador.

Para a realização do referido trabalho, foram utilizados dados em ponto de grade, em formato NetCDF, um conjunto de dados disponível para a América do Sul, combinados de forma simples em campos diários de 1° e 2,5° (LIEBMANN e ALLURED, 2005).

A rápida variabilidade espacial e temporal da precipitação, mesmo na ausência de topografia, torna o diagnóstico do componente regional em grande escala extremamente desafiador, ou seja, uma descrição precisa da precipitação é um requisito de primeira ordem para estudos de clima e validação de modelos, (LIEBMANN e ALLURED, 2005).

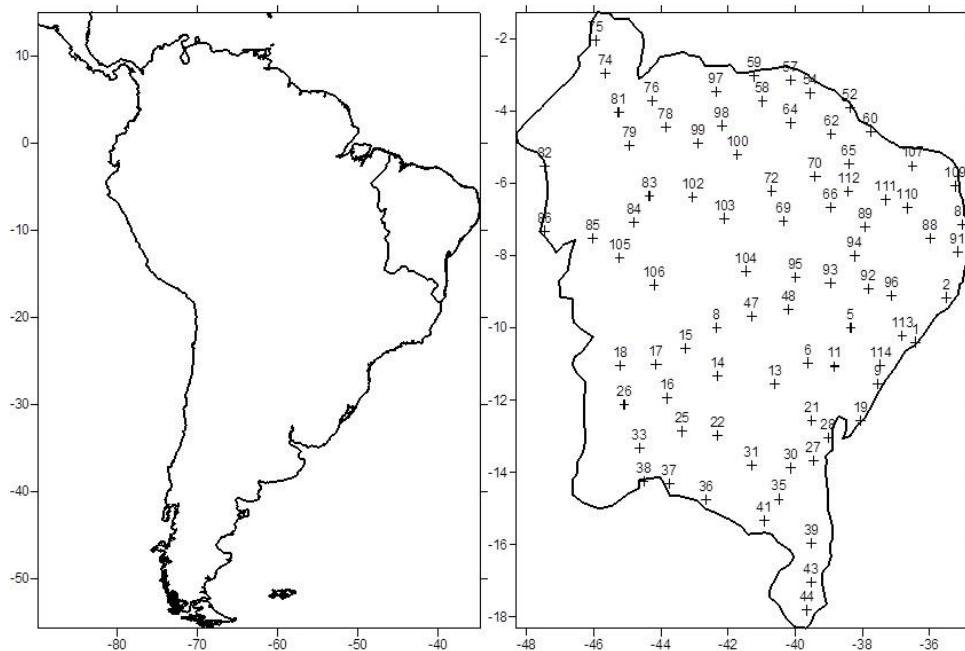
Liebmann e Allured (2005) também explicam que a falta frequente de dados de qualidade dificulta muito as pesquisas em Climatologia e Meteorologia, especialmente sobre o comportamento real da precipitação, portanto, esse e outros motivos, como a completa falta de cobertura sobre os oceanos, exigiram um grande esforço de pesquisa para estimar a precipitação via satélite. Os campos de grade são feitos através de uma simples média de todas as estações disponíveis dentro de um raio específico de cada ponto de grade. Esse conjunto de dados é público e o formato do arquivo é NetCDF, selecionado para compatibilidade entre plataformas e incorporação de coordenadas de grade e outros metadados úteis, disponível no site da ESRL ([s.d.]).

O período de análise foi de 1965 a 2012 e foram utilizadas 83 séries pluviométricas, distribuídas espacialmente na área de estudo (Figura 1).

O primeiro passo foi analisar a precipitação média diária para o período e a precipitação média diária para alguns meses específicos, além dos dias com chuvas diárias e a intensidade pluviométrica em mm/dia. Para tal utilizou-se o software R, com a rotina GRANULATY e o pacote PRECINTCON, que possibilitaram realizar os cálculos dos índices.

Neste trabalho os dados foram analisados dentro desse ambiente (R) resultando nos cálculos dos totais anuais, do Índice de Concentração (IC) analisado através de dados diários e Índice de Precipitação Concentrada (IPC) analisado através de dados pluviométricos mensais (POVOA e NERY, 2016).

Figura 1: Localização das séries pluviométricas da região Nordeste do Brasil.



Fonte: Autores (2021).

A equação correspondente ao Índice de Precipitação concentrada (IPC) está expressa abaixo e possibilita estimar a concentração mensal da precipitação.

$$IPC_{anual} = 100 * \frac{\sum_{i=1}^{12} p_i^2}{(\sum_{i=1}^{12} P_i)^2} \quad (1)$$

Onde a quantidade de chuva do mês é calculada para cada uma das séries e para cada ano dentro do período de estudado. Tal como descrito por Oliver (1980) valores abaixo de 10 indicam uma distribuição mensal de precipitação uniforme no ano, enquanto os valores entre 11 e 20 denotam sazonalidade na distribuição das chuvas. Valores acima de 20 correspondem a climas com marcada variabilidade mensal na quantidade de chuva.

O menor valor de IPC é 8, indicando perfeita uniformidade na distribuição da precipitação. Além disso, valores próximos de 16,7 indicam que a precipitação total foi concentrada no meio do período e valores de IPC acima de 25, que a precipitação total ocorreu em 1/3 do período estudado. o que significa que o total anual da precipitação ocorreu em quatro meses. O uso deste índice (IPC) pode ser muito útil para analisar a variabilidade espacial da precipitação mensal em uma determinada área de estudo.

O Índice de Concentração (IC), sugerido por Martin-Vide (2004) foi usado para determinar o relativo impacto de diferentes classes de precipitação (MARTIN-VIDE, 2004; ZHANG et al. 2009; LI et al. 2011; COSCARELLI e CALOIERO, 2012).

Em um dado período e local, a probabilidade de pequenas quantidades diárias de precipitação é maior do que a de grande quantidade de precipitação. Em outras palavras, ao começar com menor classe de precipitação diária, as frequências absolutas de precipitação diária vão diminuir exponencialmente (BROOKS e CARRUTHERS, 1953; MARTIN-VIDE, 2004), ao longo das frequências.

O uso desse índice avalia a contribuição dos dias de pluviosidade em relação a quantidade de precipitação, baseado no fato de que a distribuição de frequências de precipitação segue uma distribuição exponencial negativa (MARTIN-VIDE, 2004; LI et al. 2011; WANG et al. 2013).

Numa dada localização dentro de um período de registro de dados, a probabilidade de grandes quantidades diárias de precipitação é menor do que a de pequenas quantidades diárias de precipitação (WANG et al. 2013). Entretanto, muito pouco destas grandes quantidades diárias podem contribuir com uma significativa percentagem do montante total (MARTIN-VIDE, 2004; WANG et al. 2013).

Uma curva exponencial mostra a relação entre a percentagem acumulada de precipitação (Y) que contribuiu para as percentagens acumuladas do dia (X) durante a ocorrência de Y , pode ser expressa do seguinte modo (LI et al. 2011; COSCARELLI e CALOIERO, 2012.):

$$Y = aX \exp(bx) \quad (2)$$

Onde: a e b são constantes. Essa equação produz uma linha poligonal. O Índice de Concentração pode ser calculado por:

$$IC = \frac{S}{5.000} \quad (3)$$

Onde: S é a área delimitada pela bissetriz do quadrante e linha poligonal. Pode ser calculada como segue:

$$S = 5.000 - \int_0^{100} ax \exp(bx) dx \quad (4)$$

Resultados e discussão

Nas Figuras 2 e 3 pode-se observar a precipitação média diária (à esquerda) e os dias nos quais a precipitação ocorreu (à direita) para o período analisado (1965 a 2012). Na Figura 2 pode-se observar que a noroeste da área de estudo as chuvas diárias foram, em média, superiores a 120 mm e os dias com chuvas (Figura 3) superiores a 18 dias, a noroeste. Esse regime pluviométrico também ocorre a sudeste, ficando a parte central da região com os menores valores pluviométricos e também com menores valores de dias em que a precipitação ocorreu.

Figura 2: Precipitação média diária de 1965 a 2012 no Nordeste do Brasil.

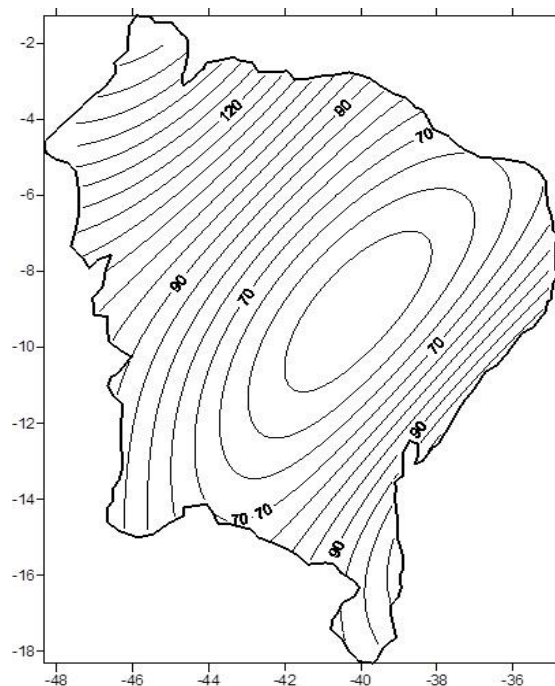
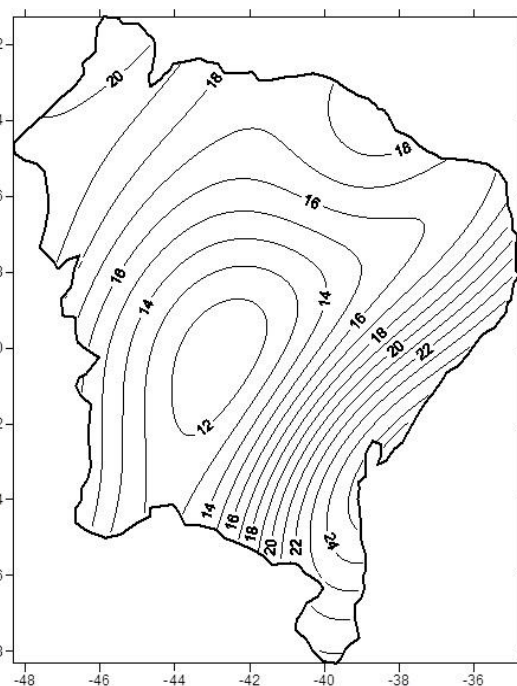


Figura 3: Número médio de dias com chuva para o período de 1965 a 2012 no Nordeste do Brasil.



Os padrões observados na Figura 2 e 3 também aparecem nas Figuras 4 e 5, quando analisado o trimestre dezembro, janeiro e fevereiro, ou seja, chove mais a noroeste do NEB (valores de 180 mm) e também os dias com chuvas no referido trimestre se concentram nessa mesma área, em 24 dias. Essa situação está associada à penetração de frentes frias até às latitudes tropicais entre os meses de novembro e janeiro no NEB. As frentes frias são bandas de nuvens organizadas que se formam na região de confluência entre uma massa de ar frio (mais densa) com uma massa de ar quente (menos densa). A massa de ar frio penetra por baixo da quente, como uma cunha, e faz com que o ar quente e úmido suba, forme as nuvens e, conseqüentemente, as chuvas (FERREIRA e MELLO, 2005).

Os menores valores de dias de chuvas correspondem a parte centro-leste, com valores inferiores a 20 dias (Figura 5) e os menores valores de precipitação, analisados no trimestre, correspondem ao litoral do nordeste, apresentando 60 mm de chuva. Os valores da intensidade de chuva oscilaram entre 3 e 11 mm/dia, em dezembro, janeiro e fevereiro. No Leste do NEB ou Zona da Mata, o principal período chuvoso ocorre de abril a agosto e as chuvas são ocasionadas principalmente pelos contrastes entre a temperatura do mar junto à costa e a temperatura do continente. Os ventos, ao soprarem continente adentro, carregam a umidade do oceano que condensa e precipita na faixa litorânea e na região da Zona da Mata (MARENGO, 2008).

Figura 4: Precipitação média diária para o trimestre dezembro, janeiro e fevereiro, de 1965 a 2012 no Nordeste do Brasil.

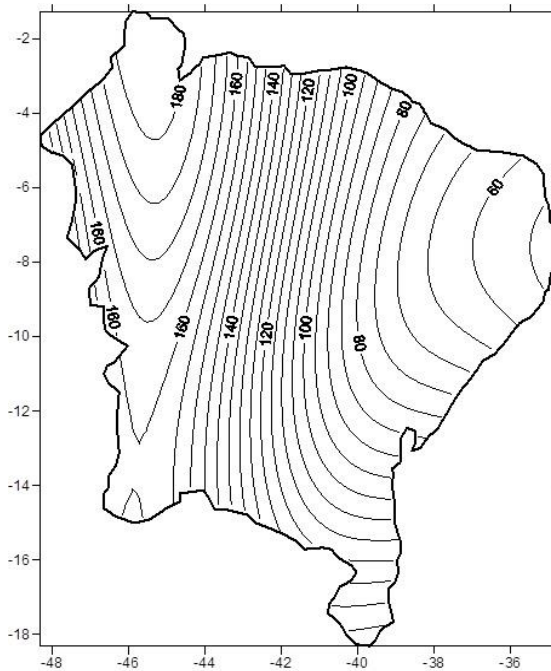
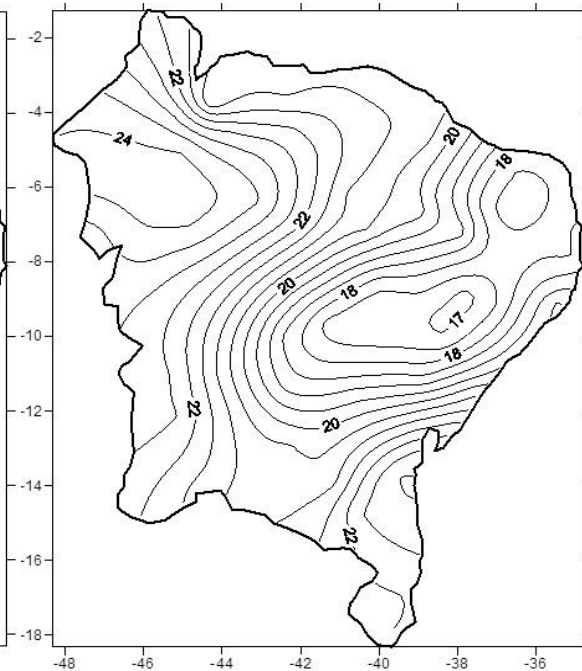


Figura 5: Número médio de dias com chuva para o trimestre dezembro, janeiro e fevereiro, de 1965 a 2012 no Nordeste do Brasil.



Esse padrão de chuvas na região Nordeste repete-se no trimestre janeiro, fevereiro e março, ou seja, chove mais a noroeste da área de estudo, apresentando valores de precipitação média trimestral superiores a 240 mm, assim como os dias com chuvas, superiores a 26 dias nessa mesma área. Os menores valores da precipitação média para esse trimestre ocorreram a leste do nordeste (80 mm) e os dias em que ocorreram chuvas, inferiores a 20 dias.

Figura 6: Precipitação média diária para o trimestre janeiro, fevereiro e março, de 1965 a 2012 no Nordeste do Brasil.

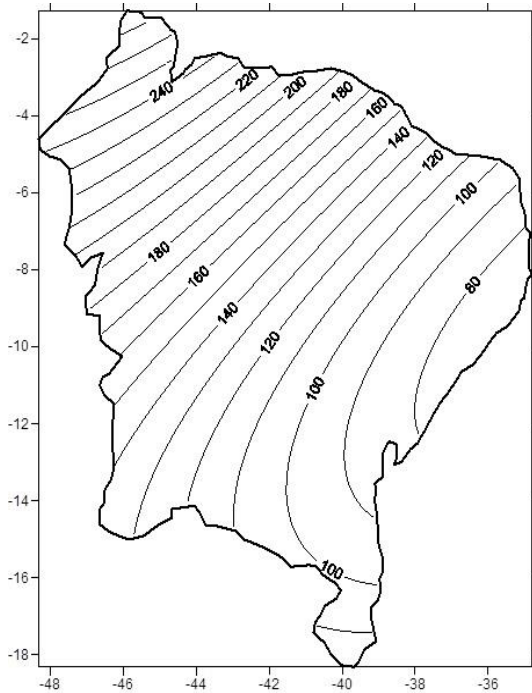
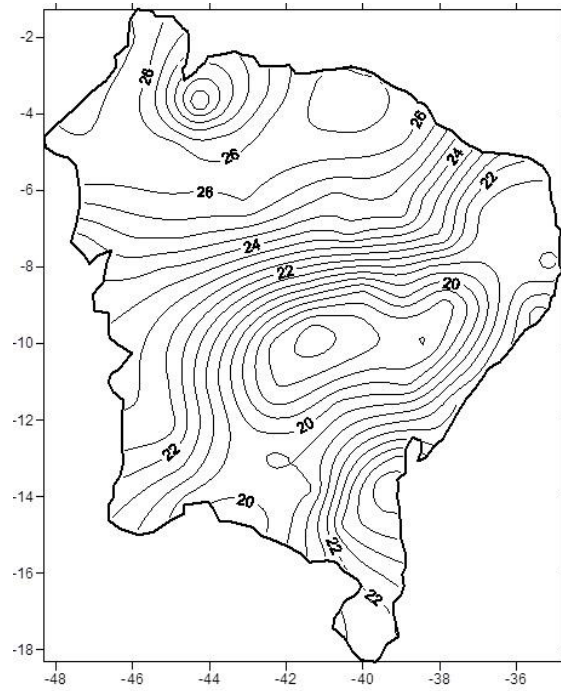


Figura 7: Número médio de dias com chuva para o trimestre janeiro, fevereiro e março, de 1965 a 2012 no Nordeste do Brasil.



No trimestre fevereiro, março e abril as chuvas estiveram concentradas a noroeste da área de estudo e apresentaram os maiores valores, com precipitação superior a 320 mm, sendo os números de dias também maiores nessa área referida anteriormente, com valores superiores a 26 dias. Já os menores valores de chuva, no trimestre, ocorreram a leste da área de estudo, inferiores a 80 mm (Figuras 8 e 9). A ZCIT normalmente migra sazonalmente de sua posição mais ao norte, aproximadamente 14°N em agosto-outubro para posições mais ao sul, aproximadamente 2 a 4°S entre fevereiro a abril. Esse deslocamento da ZCIT está relacionado aos padrões da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) sobre essa bacia do oceano Atlântico Tropical, conforme já demonstrado em vários estudos (p. ex. Uvo, 1989). A ZCIT é mais significativa sobre os oceanos, e por isso, a Temperatura da Superfície do Mar (TSM) é um dos fatores determinantes na sua posição e intensidade, impactando diretamente na dinâmica das chuvas na região.

Figura 8: Precipitação média diária para o trimestre fevereiro, março e abril, de 1965 a 2012 no Nordeste do Brasil.

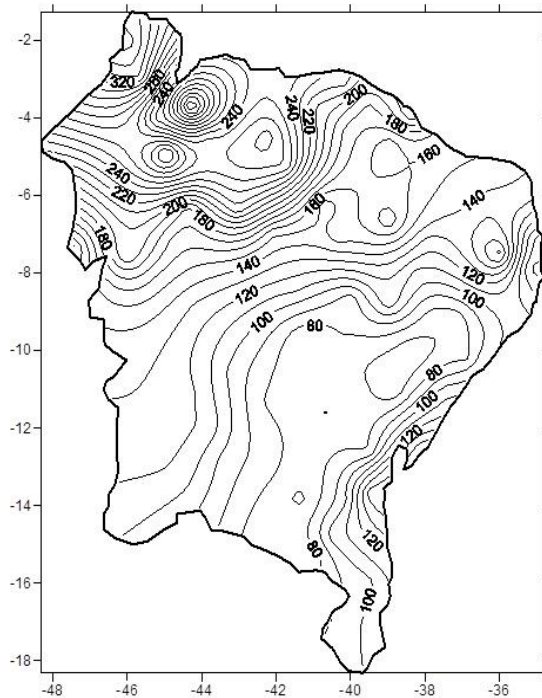
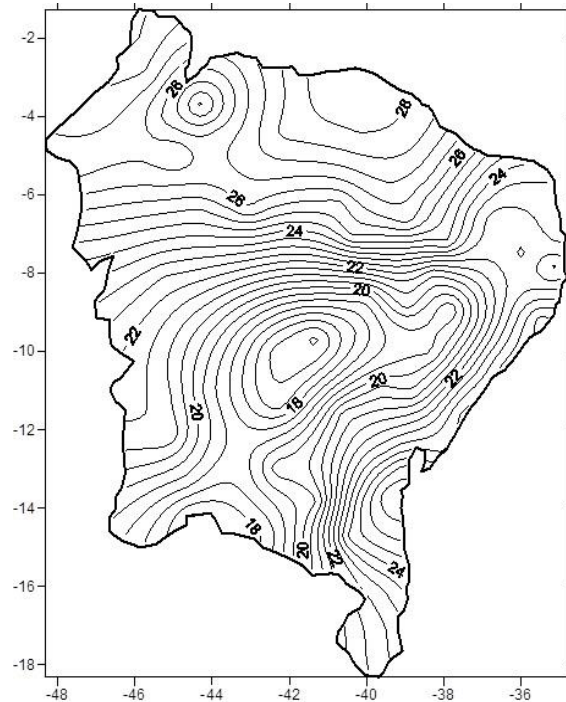


Figura 9: Número médio de dias com chuva para o trimestre fevereiro, março e abril, de 1965 a 2012 no Nordeste do Brasil.



Nas Figuras 10 e 11 tem-se as chuvas médias do trimestre março, abril e maio e a média dos dias em que choveu no referido trimestre. As chuvas superiores a 280 mm (noroeste), assim como as médias dos dias de chuvas maiores de 28 dias, à noroeste da área estudada. Os menores volumes de chuva para o trimestre ocorreram a centro-leste com valores inferiores a 100 mm. A sudoeste da área de estudo, a média dos dias em que a precipitação ocorreu foi igual a 14 dias.

Figura 10: Precipitação média diária para o trimestre março, abril e maio.

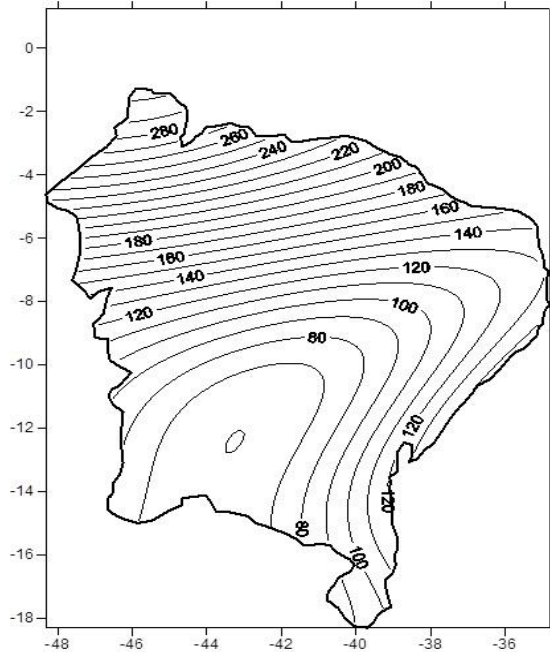
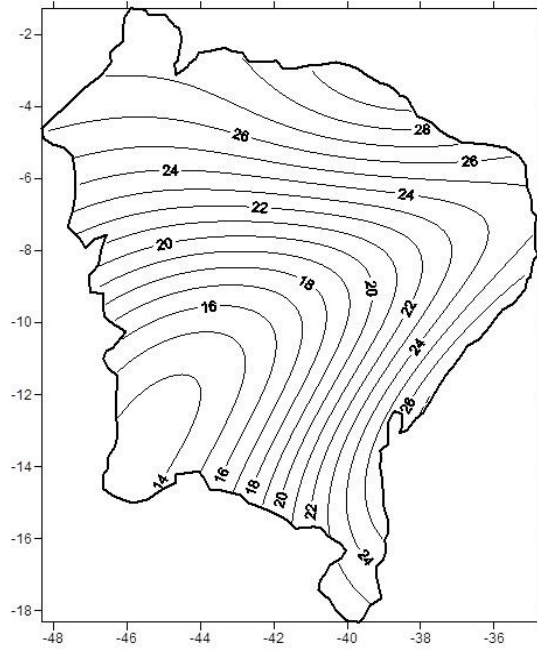


Figura 11: Número médio de dias com chuva para o trimestre março, abril e maio.



A análise realizada para o IC (Figura 12) classifica a parte central da região nordeste como a que apresenta maior concentração de precipitação diária, o que indica contribuição de precipitação extrema em vários dias para o total de precipitação acumulada durante o ano. De modo geral, segundo Martin-Vide (2004) valores acima de 0,61 significam que 70 % da precipitação total está dentro de 25% dos dias mais chuvosos. O território que compreende a parte central da área de estudo, apresenta IC superior a 0,60.

A variabilidade intra-anual da precipitação em toda a área de estudo foi avaliada através do IPC (Figura 13). De modo geral, os valores oscilaram entre menores que 12 com sazonalidade na distribuição de chuvas, no litoral da área de estudo e valores superiores a 20, áreas com variabilidade mensal na quantidade de chuva, na parte central e norte da região nordeste, o que indica sazonalidade na distribuição das chuvas.

Figura 12: Valores do índice de concentração (IC) na área de estudo.

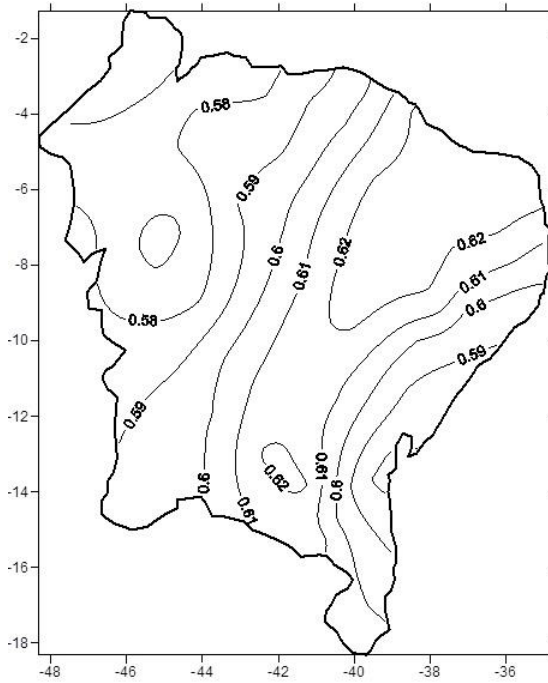
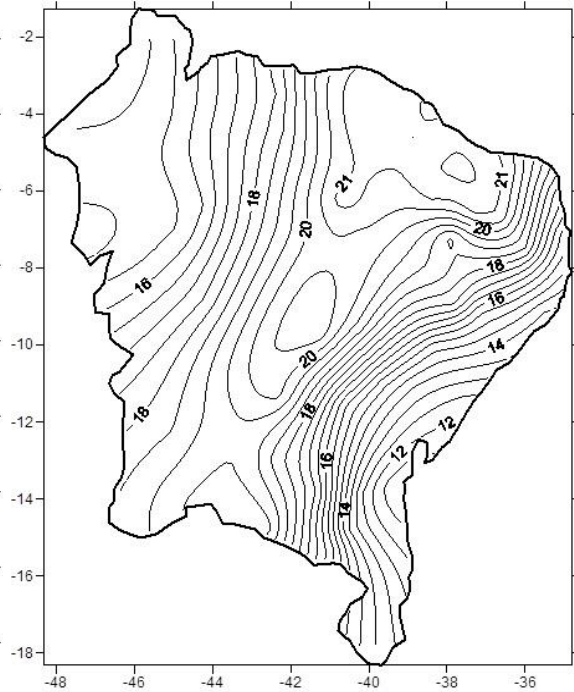


Figura 13: Valores do índice de precipitação concentrada (IPC), na área de estudo.



Considerações finais

Pode-se observar que a noroeste da área de estudo as chuvas diárias foram, em média, superiores a 120 mm, com dias de chuvas superiores a 20, assim como a sudeste, ficando a parte central da região com os menores valores pluviométricos e também com menores valores de dias de chuva.

No trimestre dezembro, janeiro e fevereiro choveu mais a noroeste da região nordeste (valores de 180 mm). Nessa mesma área concentram-se os dias com chuvas no trimestre, com valores de 24 dias. Os menores valores de dias de chuvas correspondem a parte centro-leste, com valores inferiores a 20 dias.

Ocorreu maior concentração de precipitação diária na parte central da região nordeste, indicando contribuição de precipitação extrema em vários dias para o total de precipitação acumulada durante o ano.

Os valores do IPC oscilaram entre valores menores que 12, com sazonalidade na distribuição de chuvas no litoral da área de estudo e, valores superiores a 20, com variabilidade mensal na quantidade de chuva na parte central e norte da região nordeste, o que indica sazonalidade na distribuição das chuvas na quantificação mensal da precipitação.

Referências

- BROOKS, C. E. P.; CARRUTHERS, N. *Handbook of Statistical Methods in Meteorology*. Meteorological Office: London, 1953.
- COSCARRELLI, R.; CALOIERO, T. *Analysis of daily and monthly rainfall concentration in Southern Italy (Calabria region)*. Journal of Hydrology, v. 416, p. 145-156, 2012.
- CUADRAT, J.M.; PITA, M. F. *Climatología*. Cátedra, 2006.
- DE LUIS, M.; GONZALEZ-HIDALGO, J. C.; RAVENTÓS, J.; SANCHEZ, J. R.; CORTINA, J. *Distribución espacial de la concentración y agresividad de la lluvia en el territorio de la Comunidad Valenciana*. Cuaternario y Geomorfología, v. 11, n. 3-4, p. 33-44, 1997.
- GIBBS, J. P.; MARTIN, W. T. *Urbanization, technology, and the division of labor: International patterns*. American Sociological Review, p. 667-677, 1962.
- Hastenrath, S., Greischar, L. (1993). Further Work on the Prediction of Northeast Brazil Rainfall Anomalies. Journal of Climate, 6, 743-758.
- HASTENRATH, S.; HELLER, L. Dynamics of climatic hazards in northeast Brazil. Quartely Journal of the Royal Meteorological Society, n. 110, p. 411-425, 1977.
- KAYANO, M. T.; ANDREOLI, R. Variabilidade decenal e multidecenal. In: CAVALCANTI, I.; FERREIRA, N.; DA SILVA, M. G. J.; DIAS, M. A. F. S. N. (ed.), Tempo e Clima no Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.
- LIEBLIEBMANN, B.; ALLURED, D. *Daily precipitation grids for South America*. Bulletin of the American Meteorological Society, v. 86, n. 11, p. 1567, 2005.
- MARENGO, J. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semi-árido do Brasil. Parcerias Estratégicas, v. 13, n. 27, 2008.
- MARTIN-VIDE, J. *Spatial distribution of a daily precipitation concentration index in peninsular Spain*. International Journal of Climatology, v. 24, n. 8, p. 959-971, 2004.
- MECHOSO, C.; LYONS, S.; SPAHR, J. The impact of sea surface temperature anomalies on the rainfall in northeast Brazil. Journal of Climate, v. 3, p. 812-826, 1990.
- MENEGHETTI, G. T., FERREIRA, N. J. *Variabilidade anual e interanual da precipitação no nordeste brasileiro*. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil. Abril de 2009. INPE. p. 1685-1689.
- MOURA, A. D.; SHUKLA, J. On the dynamics of the droughts in Northeast Brazil: observations, the theory and numerical experiments with a general circulation model. Journal Atmospheric Science, n. 38, p. 2653-2673, 1981.
- NAMIAS, J. *Influence of northern hemisphere general circulation on drought in northeast Brazil*. Tellus, v. 24, p. 336-342, 1972.
- OLIVER, J. E. *Monthly precipitation distribution: a comparative index*. The Professional Geographer, v. 32, n. 3, p. 300-309, 1980.
- POVOA, L. V., NERY, J. T. *Manual do usuário do pacote Precintcon*. Laboratório Computacional da Universidade Estadual Paulista, campus de Ourinhos, 2016.
- Rao, V. B., Lima, M. C., Franchito, S. H. (1993) Seaso-nal and interannual variations of rainfall over eastern Northeast Brazil. Journal of Climate, 6, 1754-1763.
- REBOITA, M. S.; GAN, M. A.; da ROCHA, R. P.; AMBRIZZI, T. Regimes de Precipitação na América do Sul: Uma Revisão Bibliográfica. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 25, n. 2, p.185-204, 2010.
- SHI, P.; QIAO, X.; CHEN, X.; ZHOU, M.; QU, S.; MA, X.; ZHANG, Z. *Spatial distribution and temporal trends in daily and monthly precipitation concentration indices in the upper reaches of the Huai River, China*. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, v. 28, n. 2, p. 201-212, 2014.
- UVO, C. R. B. A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e sua relação com a precipitação da região Norte do Nordeste brasileiro. Dissertação de Mestrado em Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP. 82 p, 1989.

WANG, W.; XING, W.; YANG, T.; SHAO, Q.; PENG, S.; YU, Z. *Characterizing the changing behaviours of precipitation concentration in the Yangtze river basin, China*. Hydrological Processes, 27 (24), 3375-3393, 2013.

ZHANG, Q.; XU, C.Y.; MARCO, G.; CHEN, Y. P.; LIU, C.L. *Changing properties of precipitation concentration in the Pearl River basin, China*. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, v. 23, n. 3, p. 377-385, 2009.